

STUDI SUSUT ENERGI PADA JARINGAN TEGANGAN RENDAH WILAYAH BANYUANYAR DENGAN OBJEK PELANGGAN RESIDENSIAL



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan Elektro
Fakultas Teknik**

Oleh:

HARY SETIAWAN WICAKSONO

D 400 120 007

**PROGRAM STUDI ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI SUSUT ENERGI PADA JARINGAN TEGANGAN RENDAH
WILAYAH BANYUANYAR DENGAN OBJEK PELANGGAN RESIDENSIAL**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

HARY SETIAWAN WICAKSONO

D 400 120 007

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Umar, ST.MT.

NIP.731

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI SUSUT ENERGI PADA JARINGAN TEGANGAN RENDAH
WILAYAH BANYUANYAR DENGAN OBJEK PELANGGAN RESIDENSIAL**

OLEH

HARY SETIAWAN WICAKSONO

D 400 120 007

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu, 4 Januari 2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Umar ST.MT.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Hasyim Asy'ari, ST.MT
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Agus Supardi ST.MT
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,


Ir Sri Sunaryono, M.T., Ph.D.
NIK/NIDN:0630126302

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 8 Desember 2016

Penulis



HARY SETIAWAN WICAKSONO

D400120007

STUDI SUSUT ENERGI PADA JARINGAN TEGANGAN RENDAH WILAYAH BANYUANYAR DENGAN OBJEK PELANGGAN RESIDENSIAL

Abstrak

Pemakaian energi listrik di Indonesia saat ini sangat perlu diperhatikan oleh PT. PLN (Persero). Perusahaan Listrik Negara (PLN) merupakan badan negara yang memiliki wewenang dalam mengatur lalu lintas listrik di Indonesia, namun PLN memiliki kewajiban untuk menyediakan listrik bagi seluruh masyarakat Indonesia. Metode dalam penelitian ini dengan melakukan studi literatur, pengambilan data, mengelola data yang sudah diperoleh, menganalisis data serta yang terakhir adalah pembuatan laporan penelitian. Pelanggan residensial merupakan salah satu pelanggan listrik terbesar di Indonesia, maka dari itu perlu dilihat bagaimana pengaruh susut yang dipengaruhi oleh pelanggan residensial pada jaringan tegangan rendah. Jaringan tegangan rendah wilayah Banyuanyar memiliki arus maksimum transformator distribusi kapasitas 50 kVA dengan beban 100% sebesar 227,27 A, dan pada saat beban 80% sebesar 181,81 A, sedangkan dengan beban 60% sebesar 136,36 A. Pelanggan residensial RI (450-900 VA) sebanyak 85,42% dan pelanggan RI (1300-2200 VA) sebanyak 14,08%, sementara untuk pelanggan S1 sebanyak 0,50%. Susut yang terjadi pada jaringan tegangan rendah dengan beban 100% sebesar 6.922,98 watt, dan pada saat beban 80% sebesar 4.432,03 watt, sedangkan dengan beban 60% sebesar 2.505,28 watt. Sedangkan susut teknis sebesar 3380 watt. Wilayah Banyuanyar mengalami susut energi sebesar 4.983,855 kwh saat beban 100%, sebesar 3.191,061 kwh saat beban 80%, dan sebesar 1.803,801 saat beban 60%, sedangkan susut nonteknis sebesar 1.216,8 kwh.

Kata Kunci: Susut Energi, Jaringan Tegangan Rendah, Pelanggan Residensial

Abstract

Electricity usage in Indonesia is really needed to put on concern by PT PLN. State Electricity Company (PLN) is a company which has authority in governing the electricity flow in Indonesia, but PLN has an obligation to provide electricity for all Indonesian. Method in this research by studying the literature, data retrieval, manage the data obtained, analyze data, and the latter is a research report. Residential customer is one of the biggest customers, therefore it needs to be reviewed the impact of the decrease by residential customer in low voltage network. The low voltage network in Banyuanyar has maximum transformator distribution capacity of 59 kVA and 100% load as much as 227,27 A and when the load is 80% is as much as 181,81 A, when the load is 60% is as much as 136,36 A. Residential customer RI (450-900 VA) as much as 85,42% and customer R1 (1300-2200 VA) as much as 14,08%, while for subscribers S1 as much as 0,50%. The decrease happens at low voltage network with 100% load is 6.922/98 watt and when the load is 80% is 4.432,03 watt and when the load is 60% is 2.505/28 watt. There is also nontechnical decrease is 3380 watt. Banyuanyar region suffered losses amounting to 4.983,855 kwh energy when the load is 100%, amounting to 3.191,061 kwh when the load is 80%, and amounted to 1.803,801 time load of 60%, while non-technical losses amounted to 1.216,8 kwh.

Key Words: Electricity decrease, Low Voltage Noetwork, Residential Customer

1. PENDAHULUAN

Tenaga listrik tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia, dimana listrik sudah menjadi suatu kebutuhan hidup yang berperan sangat penting dalam segala aktifitas yang dilakukan manusia. Perkembangan teknologi pada saat ini jika dilihat secara kasat mata mengalami peningkatan, dengan meningkatnya perkembangan teknologi tersebut maka meningkat pula kebutuhan listrik. Perusahaan Listrik Negara (PLN) merupakan badan negara yang memiliki kewenangan dalam mengatur lalu lintas listrik di Indonesia. Sistem kelistrikan secara keseluruhan meliputi bagian pembangkitan, transmisi, dan distribusi. Sistem pembangkit merupakan sumber utama dalam pembangkitan tenaga listrik, dan sistem transmisi merupakan suatu penghantar guna penyaluran tenaga listrik jarak jauh, sedangkan sistem distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan energi listrik kekonsumen perlu kualitas yang memadai.

Salah satu kriteria yang perlu dipenuhi untuk memperluas sistem jaringan distribusi adalah efisiensi yang besar. Efisiensi yang baik akan dicapai bila susut energi dapat ditekan sekecil mungkin. Susut pada sistem jaringan distribusi menjadi salah satu pertimbangan, baik dalam perencanaan maupun pengoperasian, karena mempengaruhi biaya investasi (Bambang, 2001; Gonen, 1986; Sulasno, 2000). Biasanya perhitungan susut energi pada sistem jaringan distribusi dilakukan dengan menggunakan selisih energi terjual dengan yang diterima pada setiap penyulang. Mengingat pentingnya informasi mengenai besarnya susut pada suatu jaringan distribusi yang dipergunakan dalam perencanaan pengembangan jaringan, maka studi mengenai susut energi pada sistem jaringan distribusi perlu dilakukan. Pada umumnya, susut daya pada jaringan distribusi berkisar 10% (APEI, 2003).

Listrik digunakan untuk memberikan energi kepada industri agar bisa berproduksi, sedangkan kalangan penduduk listrik digunakan untuk memenuhi keperluan dan kegiatan sehari-hari. Pemakaian listrik rumah tangga pada kenyataannya tidaklah sederhana, seiring dengan naiknya taraf hidup masyarakat maka penggunaan listrik terkadang berlebih. Melihat jumlah penduduk Indonesia yang sangat banyak dan melihat perkembangan Indonesia pada saat ini, maka hal tersebut sudah pasti berdampak pada meningkatnya pemakaian listrik.

Kerugian energi listrik di jaringan distribusi sering menjadi subjek diskusi baik masalah perbedaan antara kerugian teknis dan nonteknis (A. Pavic dan K. Trupinic,

2007). Dalam suatu sistem tenaga listrik terdapat suatu faktor yang dinamakan faktor rugi-rugi atau penyusutan dari daya. Rugi-rugi daya tersebut sangat memungkinkan terjadi pada jaringan tegangan rendah (Mickael Lallart dan Daniel Guyomar, 2008). Penyusutan menjadi pembahasan penting pada saat ini karena terkait dengan kualitas daya yang akan dihantarkan kepada konsumen serta membuka potensi pendapatan bagi PLN karena rugi-rugi yang terjadi di jaringan akan mengurangi potensi penjualan daya oleh PLN.

Permasalahan yang dialami PLN yaitu besarnya rugi-rugi daya yang menyebabkan daya yang dikirimkan tidak sebesar daya yang dihasilkan. Banyak faktor yang berhubungan dengan rugi-rugi daya tersebut, salah satunya yaitu jumlah pemakai. Selain itu beberapa masalah teknis terintegrasi pada tegangan rendah termasuk ketidakseimbangan tegangan dan efisiensi sistem distribusi (K.H. Chua dan Y.S Lim, 2012). Berkaitan dengan itu akan dianalisis bagaimana perilaku pelanggan residensial berpengaruh terhadap rugi-rugi daya yang terjadi, sehingga bisa dilihat apakah sistem yang ada sudah berjalan dengan baik atau masih dapat diperbaiki.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya pengaruh profil beban pelanggan rumah tangga terhadap susut di jaringan tegangan rendah pada wilayah Banyuwangi, sehingga bisa diketahui tingkat susut dan efisiensi jaringan rendah pada wilayah tersebut. Selain itu bisa dilihat komposisi yang cocok untuk menekan susut pada jaringan tegangan rendah.

2. METODE

2.1 Langkah Penelitian

Penelitian tentang studi susut energi pada jaringan tegangan rendah wilayah Banyuwangi dengan objek pelanggan residensial dapat diselesaikan dengan beberapa tahapan. Tahap yang pertama adalah berkonsultasi dengan pembimbing tugas akhir, melakukan studi literatur, pengambilan data, mengelola data yang sudah diperoleh, menganalisis data serta yang terakhir adalah pembuatan laporan penelitian.

Langkah pertama yang dilakukan adalah studi literatur dimana langkah ini merupakan sebuah proses mencari referensi-referensi yang berkaitan dengan penelitian. Sumber informasi diperoleh dari buku, artikel publikasi, dan karya-karya

ilmiah yang lainnya. Referensi–referensi inilah yang akan digunakan sebagai acuan selama melakukan penelitian.

Langkah kedua yang dilakukan adalah mencari data yang dibutuhkan. Data yang digunakan dalam penelitian ini data trafo, penggunaan kabel, jumlah titik beban, data konsumen, jarak antara suplay energi listrik sampai konsumen, dan data beban-beban lain yang tidak masuk dalam sistem perhitungan PT. PLN (meteran listrik).

Proses pengolahan data dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu:

a. Menghitung susut teknis

Susut teknis merupakan susut yang terjadi karena memang ketidak sempurnaan sistem, dengan kata lain susut yang sudah pasti ada. Secara umum rumus dari susut teknis berasal dari rumus:

$$P_{\text{susut}} = I_{\text{saluran}}^2 \times R_{\text{kabel}} \quad (1)$$

I : besar arus yang mengalir di jaringan (Ampere)

R : besar hambatan dalam penghantar (Ω)

Kemudian besar hambatan kabel tersebut didefinisikan dengan persamaan

$$R = \frac{\rho x l}{A} \quad (2)$$

R : hambatan dalam penghantar (Ω)

ρ : hambatan jenis penghantar (Ω meter)

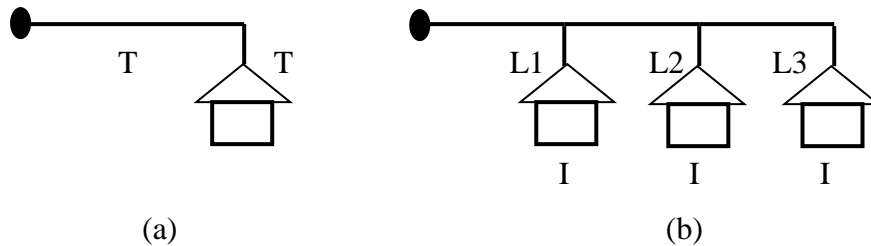
l : panjang penghantar (meter)

A : luas penampang penghantar (meter²)

Dari persamaan (1) dan (2) dapat dilihat bahwa secara sederhana rugi–rugi jaringan diakibatkan oleh besaran arus yang mengalir, hal ini dipengaruhi oleh pusat–pusat beban, semakin banyak beban yang bekerja maka akan semakin besar arus yang mengalir di jaringan. Kemudian juga disebabkan oleh penghantar itu sendiri, maka diperlukan penghantar yang bagus hal ini supaya hambatan dalam penghantar akan lebih kecil.

b. Susut Sambung Rumah

Susut sambung rumah merupakan susut yang terjadi di sepanjang penghantar antara tiang saluran distribusi dengan rumah, biasanya terdapat beberapa jenis sambungan rumah (SR), yaitu sambungan rumah satu fasa satu konsumen, sambungan satu fasa beberapa konsumen, dan sambungan rumah tiga fasa satu konsumen.



Gambar 1 (a) SR 1 fasa 1 pelanggan, (b) SR 1 fasa multi pelanggan

c. Penghantar

Penghantar yang umum digunakan dalam sistem distribusi bisa berupa kawat ataupun kabel. Kawat hanya terdiri dari konduktor saja, sedangkan untuk kabel selain inti konduktor, masih terdapat lapisan semi konduktor, lapisan isolasi selubung dalam, dan lapisan selubung luar. Konduktor yang biasa digunakan bisa berbahan tembaga, aluminium, ataupun besi. Sementara di wilayah Banyuwangi, penghantar yang digunakan berupa kabel berbahan aluminium.

d. Pelanggan dalam Jaringan Tegangan Rendah

Pelanggan yang ada di Indonesia terbagi beberapa golongan, tergantung dari fungsi bangunan dan besar daya yang digunakan. Tipe-tipe pelanggan yang ada di Indonesia adalah residensial, bisnis, industri, sosial, dan publik. Namun untuk penelitian kali ini akan lebih dititikberatkan pada pelanggan rumah tangga, dengan kapasitas beban R1, R2, dan R3. Untuk lebih jelas kapasitas masing-masing pelanggan adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Tipe Pelanggan PLN

Tipe Pelanggan	Kelas Pelanggan	Daya Listrik
Residensial	RI	450 VA s.d. 2200 VA
	R2	Di atas 2200 VA s.d. 6600 VA
	R3	Di atas 6600 VA
Bisnis	B1	450 VA s.d. 2200 VA
	B2	Di atas 2200 VA s.d. 200 kVA
	B3	Di atas 14kVA s.d. 200 kVA
Industri	I1	450 VA s.d. 14 kVA
	I2	Di atas 14 kVA s.d. 200 kVA
	I3	Di atas 200 kVA
Sosial	S1	220 VA
	S2	450 s.d. 200 kVA
	S3	Di atas 200 kVA
Publik	P1	450 s.d. 200 kVA
	P2	Di atas 200 kVA
	P3	Untuk penerangan jalan umum

Sumber: *Laporan Akhir Profil Beban PLN, 2007*

e. Pengolahan Data

Data-data yang diperoleh dari PLN APJ Surakarta, yaitu data trafo, data jaringan, data pemakaian energi, dan data konsumen sehingga dapat diketahui rugi-rugi pada jaringan tegangan rendah. Pengolahan dilakukan dengan mencari parameter-parameter yang diperlukan untuk memperoleh rugi-rugi daya tersebut, berikut adalah parameter-parameter yang perlu dicari untuk analisis rugi pada jaringan tegangan rendah:

- a) Kapasitas gardu distribusi
- b) Arus maksimum transformator distribusi
- c) Persen pembebanan pada profil pelanggan
- d) Panjang saluran tegangan rendah
- e) Impedansi saluran tegangan rendah
- f) Jumlah titik beban saluran tegangan rendah

Kapasitas transformator yang biasa digunakan sesuai dengan data aset PLN APJ Surakarta adalah 50 kVA, sehingga dari kapasitas transformator tersebut dapat diketahui arus maksimal pada transformator tersebut, yaitu menggunakan:

$$I_{max} = \frac{Strafo}{V_{phasa}} \quad (3)$$

Kemudian untuk arus yang masuk ke titik beban juga dapat diketahui, dengan menggunakan asumsi jarak antar tiang sama dan besar beban yang ada di tiap-tiap titik beban sama, maka dapat diketahui besar arus yang masuk ke setiap titik beban tersebut,

$$I_{tiang} = \frac{I_{max}}{jumlah\ titik\ beban} \quad (4)$$

Kemudian untuk mengetahui besar impedansi jaringan, digunakan asumsi bahwa jarak antar tiang sama, sehingga dapat diketahui besar impedansi pada saluran antartiang,

$$R_{saluran} = R_{kabel} \times panjang\ saluran \quad (5)$$

Kemudian setelah didapat besar rugi-rugi daya pada jaringan tegangan rendah, maka dapat dicari besar efisiensi saluran tersebut untuk kemudian dianalisis.

Sementara persen pembebanan dapat diketahui dari data pelanggan dan profil beban. Persamaan untuk mencari persen pembebanan adalah:

$$\%pembebanan = \frac{konsumsi\ pada\ profil\ beban\ (Watt) \times n\ pelanggan}{daya\ total\ pelanggan} \quad (6)$$

Setelah itu dapat dicari arus pembebanan pada transformator, yaitu:

$$I_{pembebanan} = \%pembebanan \times I_{max} \quad (7)$$

Tahap selanjutnya adalah mencari nilai besar arus yang masuk di titik beban, bisa dikatakan sebagai arus yang masuk ke masing-masing tiang, ini merupakan hubungan antara arus pembebanan dengan jumlah tiang, dapat dicari dengan:

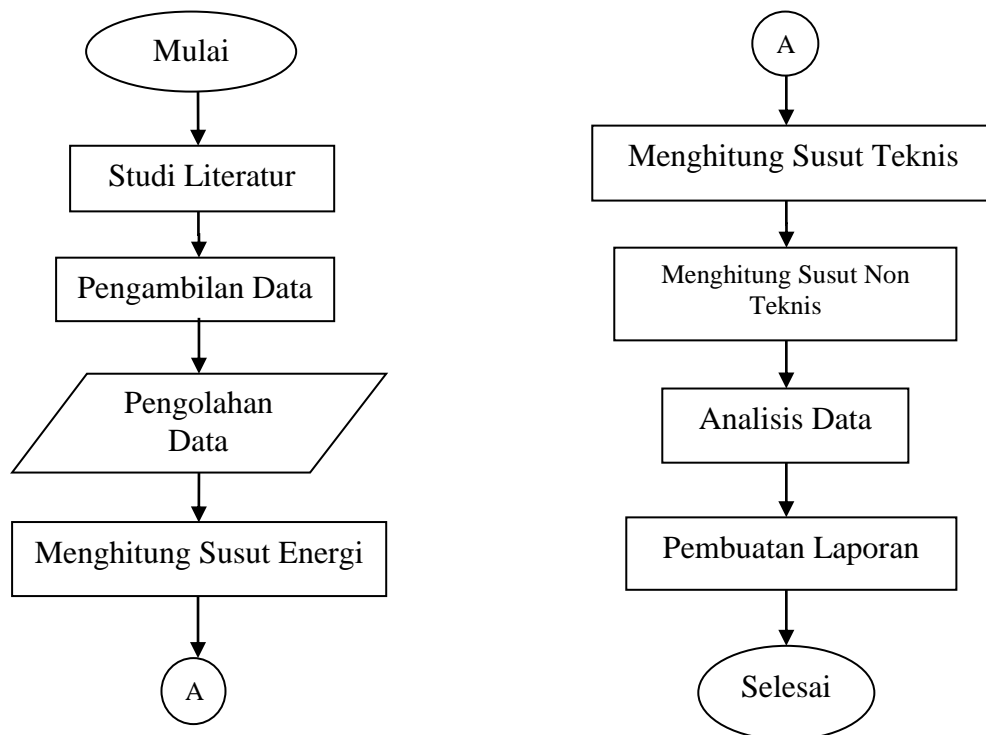
$$I_{tiang} = \frac{I_{pembebanan}}{jumlah\ tiang} \quad (8)$$

2.2 Peralatan Utama

Peralatan yang digunakan untuk penelitian yaitu:

1. Seperangkat laptop

2.3 Flowchart Penelitian



Gambar 2 *Flowchart* Penelitian

3. PENGOLAHAN DATA

Sebagai permulaan, harus dicari parameter-parameter yang diperlukan untuk menghitung susut yang terjadi pada jaringan tegangan rendah.

3.1 Susut Teknis

Penyusutan teknis adalah penyusutan yang terjadi sebagai akibat adanya impedansi pada peralatan pembangkitan maupun peralatan penyaluran dalam transmisi dan distribusi sehingga terdapat daya yang hilang berupa panas.

3.1.1 Arus Maksimum Transformator Distribusi

Parameter ini menunjukkan arus yang mampu dikeluarkan oleh transformator distribusi wilayah Banyuwangi pada nilai maksimal, dicari dengan persamaan (5), sehingga nilai yang didapatkan untuk transformator dengan kapasitas 50 kVA adalah:

Perhitungan arus maksimum transformator distribusi dengan beban 100%

$$\begin{aligned} I_{\max} &= \frac{50.000 \text{ VA}}{220 \text{ V}} \\ &= 227,27 \text{ A} \end{aligned}$$

Perhitungan arus transformator distribusi dengan beban 80%

$$\begin{aligned} I_{\max} &= 227,27 \text{ A} \times 0,8 \\ &= 181,81 \text{ A} \end{aligned}$$

Perhitungan arus transformator distribusi dengan beban 60%

$$\begin{aligned} I_{\max} &= 227,27 \text{ A} \times 0,6 \\ &= 136,36 \text{ A} \end{aligned}$$

3.1.2 Resistansi Saluran

Penghantar yang digunakan pada jaringan tegangan rendah menggunakan kabel dengan ukuran 70mm² digunakan sebagai saluran dari trafo ke titik–titik beban. Kemudian menurut Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 juga resistansi dalam kabel penghantar ukuran 70mm² memiliki nilai 0,435 Ω/km. Sehingga bisa didapatkan besar resistansi dalam satu jaringan tegangan rendah.

Sampel yang diambil adalah jaringan yang dilayani oleh gardu BSI01067 yang memiliki panjang 850m dan jumlah tiang 17. Dengan asumsi jarak antar tiang sama, maka dapat diketahui besar resistansi saluran antar tiang.

$$R_{\text{saluran}} = R_{\text{kabel}} \times \text{panjang saluran}$$

$$R_{\text{saluran}} = 0,435 \frac{\Omega}{\text{km}} \times 850\text{m}$$

$$R_{\text{saluran}} = 0,370 \Omega$$

Kemudian dapat diketahui besar resistansi saluran antar tiang:

$$Rantar\ tiang = \frac{Rsaluran}{jumlah\ tiang}$$

$$Rantar\ tiang = \frac{0,370\Omega}{17}$$

$$Rantar\ tiang = 0,0217\ \Omega$$

3.1.3 Persen Pembebanan

Parameter ini menunjukkan berapa besar pembebanan yang terjadi akibat pelanggan pada satu waktu tertentu. Pembebanan ini mengacu pada profil beban setiap waktu, jumlah pelanggan yang disuplai oleh PLN APJ Banyuanyar, serta daya yang disuplai oleh PLN APJ Banyuanyar. Berikut adalah tabel jumlah pelanggan yang disuplai oleh PLN APJ Banyuanyar:

Tabel 2 Tabel Pelanggan Daerah Banyuanyar

Pelanggan	Daya (Watt)	Jumlah Pelanggan	Persentase Pelanggan (%)
R1 (450-900 VA)	22828	170	85,42%
R1 (1300-2200 VA)	4379	28	14,08%
S1 (450-900 VA)	68	1	0,50%

Sumber: *Laporan PLN APJ Surakarta*

3.1.4 Arus pada masing-masing titik beban

Arus ini merupakan arus yang mengalir pada titik beban, diperoleh dari hubungan antara arus pembebanan dengan jumlah tiang. Dapat dicari dengan menggunakan persamaan 10, berikut akan diambil sampel besar arus pada titik beban pada pelanggan R1 (450-900 VA).

$$I_{tiang} = \frac{I_{pembebanan}}{jumlah\ tiang}$$

$$I_{tiang}\ 100\% = \frac{227,27\ A}{17}$$

$$I_{tiang} = 13,36\ A$$

Sehingga arus yang masuk ke titik beban sebesar 13,36 A.

$$\begin{aligned}
 \text{Itiang } 80\% &= \frac{181,81 \text{ A}}{17} \\
 \text{Itiang} &= 10,69 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Sehingga arus yang masuk ke titik beban sebesar 10,69 A.

$$\begin{aligned}
 \text{Itiang } 60\% &= \frac{136,36 \text{ A}}{17} \\
 \text{Itiang} &= 8,02 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Sehingga arus yang masuk ke titik beban sebesar 8,02 A.

3.1.5 Susut pada Jaringan Tegangan Rendah

$$\begin{aligned}
 \text{Susut} &= I^2 \times R \\
 &= (227,27)^2 \times 0,0217 \\
 &= 1.120,84
 \end{aligned}$$

Tabel 3 Perhitungan Susut Beban 100%

Titik Beban (Tiang)	Imax (Ampere)	Susut (Watt)
Titik Beban 1	227,27	1.120,84
Titik Beban 2	213,91	992,93
Titik Beban 3	200,55	872,78
Titik Beban 4	187,19	760,37
Titik Beban 5	173,83	655,70
Titik Beban 6	160,47	558,78
Titik Beban 7	147,11	469,61
Titik Beban 8	133,75	388,19
Titik Beban 9	120,39	314,51
Titik Beban 10	107,03	248,58
Titik Beban 11	93,67	190,39
Titik Beban 12	80,31	139,95
Titik Beban 13	66,95	97,26
Titik Beban 14	53,59	62,31
Titik Beban 15	40,23	35,12
Titik Beban 16	26,87	15,66
Titik Beban 17	13,51	3,96
Jumlah		6.922,98

Sumber: Data diolah

Melihat pada tabel 3 diatas dapat dikatakan bahwa susut terkecil antar titik beban berada pada titik beban 17, hal ini dikarenakan arus yang mengalir sudah mengalami penyusutan pada titik beban sebelumnya, sehingga semakin jauh dari transformator maka arus akan semakin kecil. Berdasarkan hal tersebut titik beban 17 mengalami penyusutan sebesar 3,96 watt pada perhitungan susut beban 100%. Jumlah penyusutan dari titik beban 1 hingga titik beban 17 sebesar 6.922,98 watt.

Tabel 4 Perhitungan Susut Beban 80%

Titik Beban (Tiang)	Imax (Ampere)	Susut (Watt)
Titik Beban 1	181,81	717,29
Titik Beban 2	171,12	635,42
Titik Beban 3	160,43	558,50
Titik Beban 4	149,74	486,55
Titik Beban 5	139,05	419,56
Titik Beban 6	128,36	357,53
Titik Beban 7	117,67	300,46
Titik Beban 8	106,98	248,36
Titik Beban 9	96,29	201,19
Titik Beban 10	85,6	159,00
Titik Beban 11	74,91	121,76
Titik Beban 12	64,22	89,49
Titik Beban 13	53,53	62,18
Titik Beban 14	42,84	39,82
Titik Beban 15	32,15	22,42
Titik Beban 16	21,46	9,99
Titik Beban 17	10,77	2,51
Jumlah		4.432,03

Sumber: Data Diolah

Melihat pada tabel 4 diatas dapat dikatakan bahwa susut terkecil antar titik beban berada pada titik beban 17, hal ini dikarenakan arus yang mengalir sudah mengalami penyusutan pada titik beban sebelumnya, sehingga semakin jauh dari transformator maka arus akan semakin kecil. Berdasarkan hal tersebut titik beban 17 mengalami penyusutan sebesar 2,51 watt pada perhitungan susut beban 80%.. Jumlah penyusutan dari titik beban 1 hingga titik beban 17 sebesar 4.432,03 watt.

Tabel 5 Perhitungan Susut Beban 60%

Titik Beban (Tiang)	I _{max} (Ampere)	Susut (Watt)
Titik Beban 1	136,36	403,49
Titik Beban 2	128,34	357,42
Titik Beban 3	120,32	314,14
Titik Beban 4	112,3	273,66
Titik Beban 5	104,28	235,97
Titik Beban 6	96,26	201,07
Titik Beban 7	88,24	168,96
Titik Beban 8	80,22	139,64
Titik Beban 9	76,2	125,99
Titik Beban 10	64,18	89,38
Titik Beban 11	56,16	68,44
Titik Beban 12	48,14	50,28
Titik Beban 13	40,12	34,92
Titik Beban 14	32,1	22,35
Titik Beban 15	24,08	12,58
Titik Beban 16	16,06	5,59
Titik Beban 17	8,04	1,40
Jumlah		2.505,28

Sumber: Data Diolah

Melihat pada tabel 5 diatas dapat dikatakan bahwa susut terkecil antar titik beban berada pada titik beban 17, hal ini dikarenakan arus yang mengalir sudah mengalami penyusutan pada titik beban sebelumnya, sehingga semakin jauh dari transformator maka arus akan semakin kecil. Berdasarkan hal tersebut titik beban 17 mengalami penyusutan sebesar 1,40 watt pada perhitungan susut beban 60%. Jumlah penyusutan dari titik beban 1 hingga titik beban 17 sebesar 2.505,28 watt.

3.2 Susut Nonteknis

Penyusutan secara nonteknis adalah susut yang disebabkan oleh kesalahan dalam pembacaan alat ukur, kesalahan kalibrasi di alat ukur, dan kesalahan akibat pemakaian yang tidak sah (pencurian) atau kesalahan-kesalahan yang bersifat administratif lainnya.

Tabel 6 Susut Nonteknis

Jenis	Watt	Jumlah	Jumlah Watt
LHE	40	13	520
LHE	15	9	135
NEON	100	4	400
MERCURY	125	17	2125
SANYO	200	1	200
Jumlah			3380

Sumber: Data diolah

3.3 Susut Energi

Susut energi adalah jumlah energi kwh yang hilang atau menyusut terjadi karena sebab-sebab teknik maupun nonteknis pada waktu penyediaan dan penyaluran energi.

$$\text{Susut energi} = p \times t$$

$$= 6.922,98 \times 24$$

$$= 166.128,52 \text{ wh}$$

$$= 166,12852 \text{ kwh}$$

Tabel 7 Susut Energi

Susut	Beban	Daya (watt)	Susut Energi (kwh)	Susut Energi (1 bulan, kwh)	Harga (Rp 1.412,66/kwh)
Susut Teknis	100%	6.922,98	166,12852	4.983,855	7.040.492,60
	80%	4.432,03	106,36872	3.191,061	4.507.884,23
	60%	2.505,28	60,12672	1.803,801	2.548.157,52
Susut Nonteknis		3.380	40,560	1.216,8	1.718.924,68

Sumber: Data diolah

Berdasarkan tabel 7 diatas dapat diketahui bahwa susut energi selama 1 bulan dengan beban 100% sebesar 4.983,855 kwh, beban 80% sebesar 3.191,061 kwh, dan beban 60% sebesar 1.803,801, sedangkan susut nonteknis sebesar 1.216,8 kwh. Berdasarkan susut energi diatas dapat diketahui tarif listrik, dimana tarif listrik tersebut didapatkan dari penjumlahan susut teknis dan nonteknis. Pada saat beban 100% tarif listrik sebesar Rp 8.759.417,28 untuk beban 80% tarif listrik sebesar Rp 6.226.808,91 sedangkan beban 60% tarif listrik sebesar Rp 4.267.082,2.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Arus maksimum transformator distribusi kapasitas 50 kVA dengan beban 100% sebesar 227,27 A, dan pada saat beban 80% sebesar 181,81 A, sedangkan dengan beban 60% sebesar 136,36 A.
- b. Pelanggan residensial wilayah Banyuwangi memiliki presentase jumlah pelanggan sebesar 85,42% untuk pelanggan RI (450-900 VA) dan 14,08% untuk pelanggan RI (1300-2200 VA), sementara untuk pelanggan S1 sebesar 0,50%.
- c. Susut yang terjadi pada jaringan tegangan rendah dengan beban 100% sebesar 6.922,98 watt, dan pada saat beban 80% sebesar 4.432,03 watt, sedangkan dengan beban 60% sebesar 2.505,28 watt.
- d. Selain susut teknis diatas, terdapat juga susut nonteknis dengan jenis LHE 40 watt, LHE 15 watt, NEON 100 watt, MERCURY 125 watt, dan SANYO 200 watt dimana jumlah susut yang terjadi pada jenis tersebut sebesar 3380 watt.
- e. Wilayah Banyuwangi mengalami susut energi sebesar 4.983,855 kwh saat beban 100%, sebesar 3.191,061 kwh saat beban 80%, dan sebesar 1.803,801 saat beban 60%, sedangkan susut nonteknis sebesar 1.216,8 kwh.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang senantiasa membantu dan mendukung dalam menyelesaikan tugas akhir, sebagai berikut:

1. ALLAH SWT serta junjungan beliau RASULULLAH MUHAMMAD SAW.
2. Kedua orang tua tercinta yang telah mendoakan dan memberikan nasehat serta bimbingannya sehingga penulis bisa sampai seperti ini.
3. Bapak Umar S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta dan selaku dosen pembimbing.
4. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Bapak Parjan selaku Kepala Lapangan APJ Surakarta dan Bapak Linggar selaku Kepala Lapangan Rayon Manahan yang telah membantu memberikan dan menjaskan data-data yang diperlukan untuk Tugas akhir ini serta memberikan ide dan bimbingan penulis dalam membuat tugas akhir ini.
6. Safitri yang selalu memnberikan dukungan serta doanya.

7. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2012 yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asosiasi Profesionalis Elektrikal Indonesia (APEI) Daerah Jawa Barat. 2003. *Materi Kursus Pengembangan Ahli Madya dan Utama*.
- Bambang, D.S., Ir. 2001. *Catatan Kuliah Distribusi Daya Elektrik, Teknik Elektro*. Itenas, Bandung.
- Chua, KH and YS Lim. 2012. "Energy Storage System for Mitigating Voltage Unbalance on Low-Voltage Networks with Photovoltaic Systems". Volume 27 page (1783-1790). IEEE Transactions on Power Delivery.
- Daniel, Henrey Dalam. 2013. "Analisis Susut Energi pada Sistem Jaringan Distribusi di PT. PLN APJ Yogyakarta UPJ Wonosari Unit Semanu. UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Gonen, T. 1986. *Electric Power Distribution System Engineering*. Mc Graw-Hill.
- K, Trupinic and A Pavic. 2007. "Electrical Energy Losses In The Distribution Network". Volume 56 Number 2. Plegledni rad.
- Lallart, Mickael and Daniel Guyomar. 2008. "An Optimized self-powered Switching Circuit for non-linear Energy Harvesting with Low Voltage Output". Volume 17 Number 3. IOP.
- SOLANKI, J AND N VENKATESAN. 2012. "RESIDENTIAL DEMAND RESPONSE MODEL AND IMPACT ON VOLTAGE PROFILE AND LOSSES OF AN ELECTRIC DISTRIBUTION NETWORK". APPLIED ENERGY, ELSEVIER.